

Caracterização multidisciplinar de eflorescências salinas no Mosteiro da Batalha

Multidisciplinary characterization of saline efflorescence in the Monastery of Batalha

Fernando Almeida¹, Rui Moura², Nuno Barraca³, Cristiana Costa¹, Denise Terroso¹, Manuel Matias¹

¹GeoBioTec, Dep. Geociências, Universidade de Aveiro

²ICT-FCUP

³Morph, Lda.; nuno.barraca@morph.pt

Resumo

O Mosteiro da Batalha é uma relevante obra da arquitectura gótica, que resultou do cumprimento da promessa feita por D. João I, após vitória na batalha de Aljubarrota. O mosteiro esteve na posse dos dominicanos até à extinção das ordens religiosas, sendo actualmente dependência da DGPC e Património da Humanidade pela UNESCO.

Recentemente a Universidade Aveiro caracterizou estruturalmente o monumento. Entre as técnicas testadas considera-se aqui o potencial espontâneo, anteriormente aplicados na Igreja da Graça em Santarém. Seleccionou-se uma parede com eflorescências na qual se sobrepôs uma grelha de eléctrodos (12×5) espaçados de 0.5m. O mapeamento do potencial espontâneo foi realizado tendo como referência um eléctrodo sobre eflorescências. Concluiu-se que as zonas da parede com sais estão ao mesmo potencial, enquanto as zonas onde as eflorescências não ocorrem apresentam um potencial mais elevado. A composição mineralógica dos sais foi estudada por Difracção de Raios X.

Palavras-chave

Caracterização, Património, Eflorescências salinas, Potencial Espontâneo, Difracção de Raios X.

Abstract

The Monastery of Batalha is an important work of Gothic architecture, resulting from promise made by João I, after the victory in the battle of Aljubarrota. The monastery was a possession of the Dominicans until the extinction of the religious orders, being today a dependence of the DGPC and a UNESCO World Heritage Site. Recently the

Aveiro University characterized the structure of the monument. Among the techniques tested, herein we consider self-potential, previously applied in the Graça Church in Santarém. An efflorescence wall was selected in which a grid of electrodes (12×5) spaced 0.5m was superimposed. The mapping of the self-potential was done with a reference electrode on the efflorescence. It was concluded that the areas with salts are at the same potential, while the areas where efflorescence don't occur have higher potential. The mineralogical composition of the salts was studied by X-ray diffraction.

Keywords

Characterization, Heritage, Salt efflorescence, Self-potential, X-ray Diffraction.

Introdução

O presente trabalho teve como objectivo a identificação e caracterização de eflorescências salinas presentes no Mosteiro da Batalha. Para tal foi efectuado um estudo detalhado de uma parede com vista à medição do potencial espontâneo e sua variação na parede, tendo ainda sido efectuada uma colheita de amostras do local com vista à caracterização mineralógica dos sais presentes na mesma.

O estudo e caracterização de eflorescências salinas em monumentos é um trabalho que tem vindo a ser detalhadamente efectuado ao longo dos últimos anos. Em Portugal em 2004, Dionísio et. al. (2) fez o estudo global dos tipos de alteração e sais em monumentos de calcário portugueses concluindo que a degradação da rocha calcária em particular pode ser devida a variados factores nomeadamente a interacção com a água. Já em 2001, Figueiredo et. al. (4) faz um estudo exaustivo das eflorescências salinas na Basílica da Estrela em Lisboa, estudo este que conclui que as eflorescências apresentam vários minerais nomeadamente Trona e the-nardite. Neste estudo o autor conclui ainda que a presença deste elemento nas eflorescências deverá estar relacionado com restauros recentes da estrutura.

Um outro estudo recente em Portugal apresentado por Martinho et. al. (2014) apresenta uma solução de estudo com métodos geofísicos combinados com termografia e quantificação de sais solúveis num túmulo situado na igreja da Graça em Santarém. O estudo do potencial espontâneo e termografia permitiu verificar diferentes graus de humidade na estrutura e relacioná-la com a humidade atmosférica. Foi ainda possível identificar uma relação entre a temperatura e o valor do potencial espontâneo, concluir que as áreas mais afectadas pela humidade apresentam uma resistência da rocha mais baixa e, finalmente, que a presença de humidade no túmulo está relacionada com a sua localização espacial.

Já no ponto de vista da remediação dos efeitos provocados pelas eflorescências salinas, Ottosen et. al. (7) apresenta uma experiência piloto, baseada na eletrocinética, na qual são aplicados eléctrodos especialmente desenvolvidos com o objectivo de remover sais em alvenaria de tijolo. Mais recentemente, em 2012, Ottosen et. al. (8) apresenta a aplicação de uma metodologia idêntica para remoção de sais num armazém cuja construção é baseada em alvenaria de calcário. Em Portugal, metodologias de remoção de sais com compressas (húmidas ou secas), em paredes também foram testadas como no caso do guia para investigação e intervenção apresentado por Nunes et. al. (6). Neste trabalho os autores apresentam um guia prático com directivas de selecção de materiais e métodos de dessalinização a adoptar em função das características do material a intervencionar e condições de aplicação.

Assim o presente trabalho visa estudar e compreender as eflorescências salinas presentes num local do Mosteiro da Batalha, por forma a que seja possível propor uma solução de remediação deste problema. Para tal foi medida a diferença de potencial com o objectivo de quantificar o potencial espontâneo local por forma a que se possam desenvolver metodologias inovadoras de remoção de sais. A análise mineralógica dos sais teve como objectivo a sua caracterização com vista a uma selecção de materiais adequados à dessalinização.

Materiais e Métodos

Descrição do local de estudo

O Mosteiro de Santa Maria da Vitória, vulgarmente conhecido por Mosteiro da Batalha é sem dúvida um dos mais emblemáticos monumentos nacionais portugueses. Remontando a sua construção ao final do século XIV, este resulta da promessa feita por D. João I por ocasião da vitória na Batalha Real de 14 de Agosto de 1385, que ficou para a história como a Batalha de Aljubarrota. A construção teve início logo após à batalha (1386/1387) e prolongou-se por século e meio. Esteve na posse dos dominicanos até à extinção das ordens religiosas em maio de 1834, foi classificado como monumento nacional em 1907 e como Património Mundial pela UNESCO em 1983. Recentemente, em 2016, foi ainda classificado como Panteão Nacional. O complexo monástico contou na sua máxima extensão com uma igreja, quatro claustros e dois panteões régios: a Capela do Fundador e o panteão de D. Duarte, ou Capelas Imperfeitas, o qual não foi terminado. Esta extensão máxima está patente no trabalho de James Murphy de 1795 (5). Actualmente o monumento conta com menos dois claustros (os dois situados a Este), demolidos por ocasião das intervenções de restauro levadas a cabo no século XIX dado o seu elevado estado de degradação possivelmente derivado da ocupação pelas tropas francesas em 1813.

Dada a sua idade, longa história construtiva, remodelações efectuadas ao longo dos séculos e variados momentos de restauro, o monumento presença uma série de alterações e patologias.

Assim, para este trabalho, foi seleccionada uma parede da igreja do mosteiro, mais propriamente uma parede da secção Sul, a qual apresenta uma série de eflorescências visíveis à superfície (Figura 1).

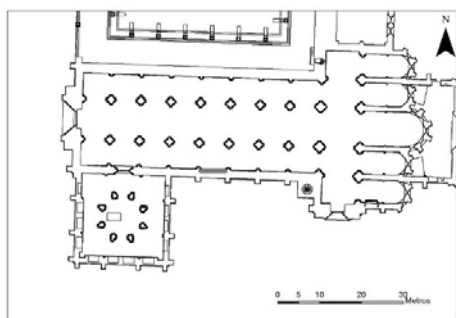


Figura 1: À esquerda: localização da área de estudo na planta do Mosteiro da Batalha (a vermelho); à direita: aspecto da parede estudada no momento da aquisição dos dados de potencial espontâneo.

Métodos

O trabalho levado a cabo no Mosteiro da Batalha está enquadrado na sequência de trabalho que têm sido levados a cabo no mosteiro desde 2013. Assim para o estudo em pormenor desta parede, foi seleccionada uma metodologia de prospecção que contou com uma aquisição de

dados geofísicos, nomeadamente a determinação do potencial espontâneo e um estudo mineralógico por difracção de Raios-X de amostras de saís colhidos na parede. Estas metodologias serão abordadas seguidamente.

Potencial espontâneo

O levantamento SP, levado a cabo na parede da igreja, foi realizado sobrepondo uma grelha de 12 por 5 pontos de medição espalhados numa rede uniforme marcada na parede. Os pontos de medição estavam espaçados entre si por 0,5m. O eléctrodo de referência foi colocado numa eflorescência situada no canto inferior esquerdo da parede (no topo da base de uma coluna). Foi utilizado um multímetro digital FLUKE e eléctrodos Cu/CuSO₄ não polarizáveis sobre pasta argilosa (Figura 2).

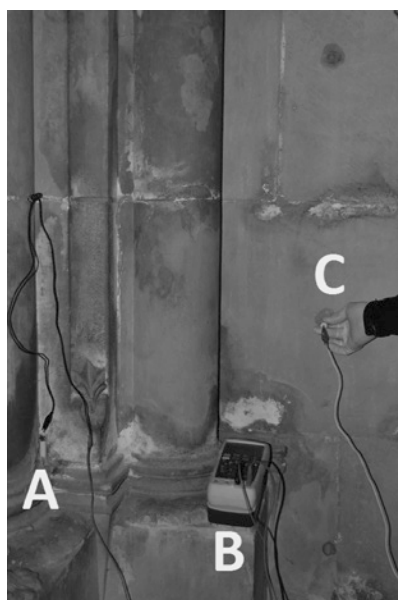


Figura 2: Aquisição do potencial espontâneo.(A: Eléctrodo de referência; B: Voltímetro; C: Eléctrodo de potencial)

Difracção de Raios-X

Para o estudo mineralógico das eflorescências foram colhidas 3 amostras na parede de conforme a Figura 3. Este estudo mineralógico foi realizado na fracção total das amostras recorrendo à difracção de Raio-X. Os difractogramas obtidos foram interpretados com base nos ficheiros do JCPDS (Joint Committee for Powder Diffraction Standards) que contém dados estruturais retirados de difractogramas de mais de 2000 espécies minerais padrão. Entre esses dados constam os valores de dhkl correspondentes às diversas difracções ou reflexões, dispostos por ordem decrescente de valor, bem como as intensidades correspondentes às difracções, para além de outros dados informativos. Também foram utilizadas as tabelas do livro editado por Brown e Brindley (1) para identificação complementar dos difractogramas e o software de análise mineralógica da Panalytical.



Figura 3: Localização das amostras colhidas para estudo mineralógico por difracção de Raios-X.

Resultados

Potencial espontâneo

Da aquisição de dados de potencial espontâneo efectuada na parede, foi possível efectuar uma interpolação dos valores da diferença de potencial em toda a parede. Assim na Figura 4 é apresentada uma imagem rectificada da parede sobre a qual foi colocada uma imagem da interpolação dos valores de potencial espontâneo. É possível ver nesta imagem que os valores de potencial variam entre 0mV e 2mV. Os valores mais baixos estão associados a locais onde é patente a presença de eflorescência na parede, enquanto do valores mais elevados de potencial espontâneo correspondem a locais onde a rocha se apresenta sã.



Figura 4: Distribuição do potencial espontâneo na parede sul do Mosteiro da Batalha.

Difracção de Raios-X

Do estudo mineralógico efectuado por difracção de Raios-X foi possível identificar os principais constituintes mineralógicos das amostras de eflorescências salinas da parede estudada.

Na Figura 5 são apresentados os difractogramas referentes às amostras analisadas. Assim foi possível determinar que na amostra 1, colhida no local onde foi colocado o eléctrodo de referência, foram identificados dois minerais distintos. O mineral identificado um maior quantidade foi a Trona ($\text{Na}_3\text{HCO}_3\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), enquanto também foi identificado um outro mineral: Termonatrite ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Este último mineral está normalmente associado à trona.

Quanto às análises das amostras 2 e 3, estas apresentam uma composição química no todo idênticas. Em ambas as amostras, o único mineral identificado foi a Trona.

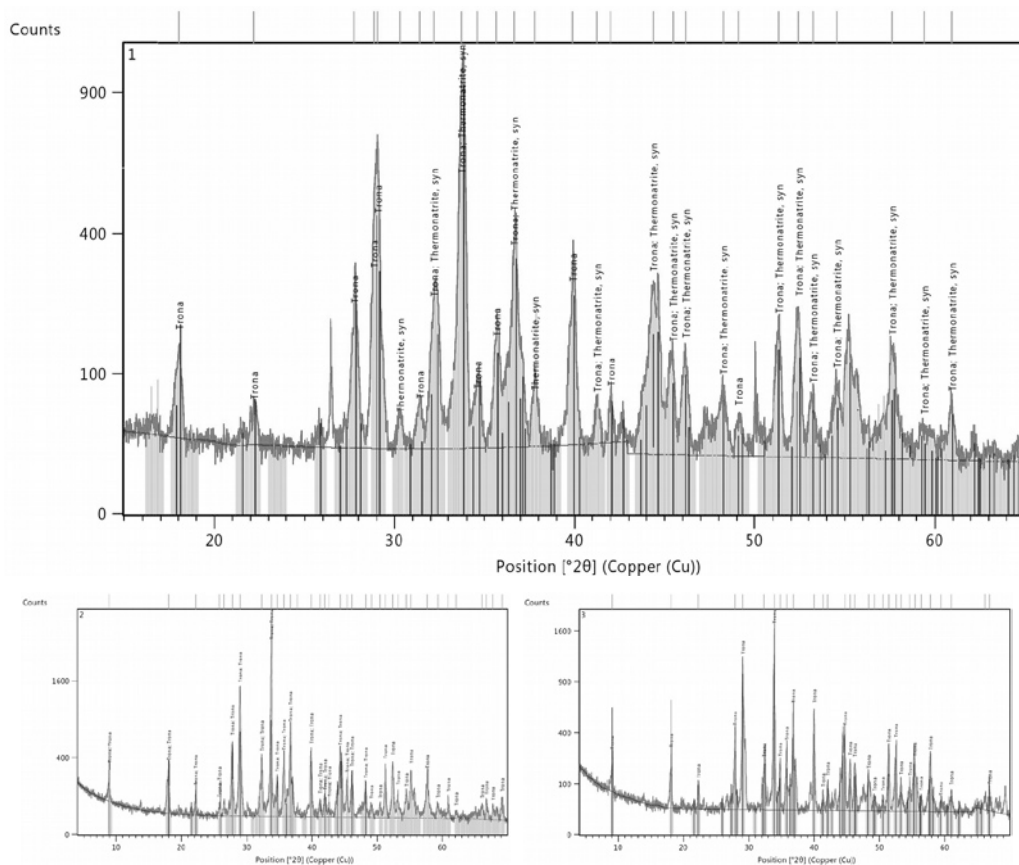


Figura 5: Difractogramas das amostras colhidas na parede do Mosteiro da Batalha. No topo: difractograma da amostra 1; em baixo à esquerda: difractograma da amostra 2; em baixo à direita: difractograma da amostra 3.

Conclusões

Do presente trabalho foi identificado que o principal composto presente nas eflorescências é a Trona, existindo ainda alguma presença de Termonatrite. Assim baseando-nos no estudo efectuado por Figueiredo et. al. (4) pode-se assumir que as eflorescências presentes no Mosteiro da Batalha poderão apresentar uma origem similar, ou seja, deverão estar relacionadas com eventuais reparações efectuadas no edifício conjuntamente com a infiltração de água. Este facto é mais relevante uma vez que a Basílica da Estrela e o Mosteiro da Batalha apresentam uma tipologia construtiva idêntica, isto é, alvenaria calcária.

Por outro lado as diferenças de potencial identificadas no mosteiro mostram que as áreas contendo eflorescências salinas visíveis relativamente à referência estão ao mesmo potencial eléctrico. Da mesma forma a rocha sã apresenta uma diferença de potencial de 2mV em relação ao eléctrodo de referencia colocado no local de uma eflorescência.

Estes dados poderão servir como base para trabalhos futuros que visem desenvolver metodologias de remoção das eflorescências salinas presentes no Mosteiro da Batalha baseada na electrocinética.

Agradecimentos

Os autores gostariam de endereçar um agradecimento especial à Direcção Geral do Património Cultural, nomeadamente ao Director do Mosteiro da Batalha, o Doutor Joaquim Ruivo pela constante disponibilidade para apoiar o projecto e disponibilização do espaço para realização do estudo. Agradecem ainda ao Professor Doutor Fernando Rocha, pelo seu precioso apoio sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado. Finalmente, os autores agradecem ao Mestre André Ferreira pela ajuda prestada em campo e à Fundação da Ciência e Tecnologia, projecto GeoBioTec PEst-OE/CTE/UI4035/2014.

Referências

1. Brown, G. T., e Brindley, G. W. (1980). X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*, 5, 305-359.
2. Dionísio, A., Aires-Barros, L., e Bastos, M. J. (2004). A degradação das rochas do património cultural construído: o caso das rochas carbonatadas. *50 ANOS DE SIMULAÇÃO*.
3. Martinho, E., Dionísio, A., Almeida, F., Mendes, M., e Grangeia, C. (2014). Integrated geophysical approach for stone decay diagnosis in cultural heritage. *Construction and Building Materials*, 52, 345-352.
4. Figueiredo, C., Marques, J. M., Mauricio, A. M., e Aires-Barros, L. (2000). Water-rock interactions and monuments stone decay: the case of Basílica da Estrela, Portugal. In *Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone* (Vol. 1, pp. 79-87). Elsevier.
5. Murphy, J. (1795), *Plans Elevations Sections and Views of the Church of Batalha, in the province of Estremadura in Portugal*, printed by I & J. Taylor, High Holborn, Londres.
6. Nunes, C., e Rodrigues, J. (2007). Dessalinização por compressas - Guia para investigação e intervenção., Relatório 45/2007 – NCMC, LNEC, Lisboa.
7. Ottosen, L. M., Rørig-Dalgaard, I., & Villumsen, A. (2008). Electrochemical removal of salts from masonry - experiences from pilot scale., *Proceedings from the international conference on salt weathering on building and stone sculptures*, Copenhagen, Denmark (pp. 22-24).
8. Ottosen, L. M., Christensen, L. M., & Rørig-Dalgaard, I. (2012). Electrochemical desalination of salt infected limestone masonry of a historic warehouse. *Proceedings of structural faults and repair*, Edinburgh, Ed MC Forde, 15.

